

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 810 445 A1

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:

03.12.1997 Patentblatt 1997/49

(51) Int. Cl.<sup>6</sup>: G01R 31/02

(21) Anmeldenummer: 97107805.0

(22) Anmeldetag: 13.05.1997

(84) Benannte Vertragsstaaten:

AT CH FR GB IT LI

(30) Priorität: 28.05.1996 DE 19621401

(71) Anmelder:

SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT  
80333 München (DE)

(72) Erfinder:

Walter, Dieter, Dipl.-Ing. (FH)  
85551 Kirchheim (DE)

## (54) Verfahren zur Bestimmung der Schirmwirkung einer abgeschirmten Verkabelungsstrecke

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Bestimmung der Schirmwirkung einer abgeschirmten, insbesondere fest installierten Verkabelungsstrecke.

Die Verkabelungsstrecke mit Innenleiter (L) und Abschirmung (AS) wird dazu an einem ersten Ende (E1) mit ihrem Innenleiter (L) über ein Rangierkabel (RK) an einen elektrischen Prüfsignal aussendenden Sender (S) angeschlossen, wobei ein Pol (P2) des Senderausgangs auf Masse- oder Erdpotential gelegt und der andere Pol (P1) mit dem Rangierkabel (RK) leitend verbunden wird. Am zweiten Ende (E2) der Verkabelungsstrecke wird die Abschirmung (AS) auf Masse- bzw. Erdpotential gelegt und mit dem Innenleiter (L) über einen Abschlußwiderstand (RA) leitend verbunden. Die Abschirmung (AS) wird mit dem auf Massepotential gelegten Pol (P2) des Senderausgangs durch eine am ersten Ende (E1) der Verkabelungsstrecke (KS) angeschlossene Rückleitung (RL) verbunden, und mit Hilfe einer Meßvorrichtung (MV) wird die Differenzstromstärke der durch das Rangierkabel (RK) und die Rückleitung (RL) fließenden Ströme in einen Meßwert umgesetzt, und daraus ein empirischer Wert für die Schirmwirkung bestimmt.

Das Verfahren ermöglicht eine einfache, zuverlässige, schnelle und quantitative Messung der Schirmwirkung, erfordert dabei nur eine handelsübliche Meßausstattung und ist sowohl für Abnahmemessungen als auch bei der Fehlersuche geeignet.

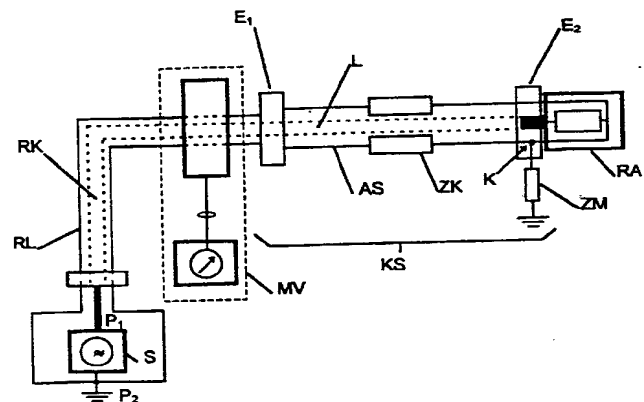


FIG 1

EP 0 810 445 A1

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Bestimmung der Schirmwirkung einer abgeschirmten, insbesondere fest installierten Verkabelungsstrecke.

Für die leitungsgebundene Übertragung von elektromagnetischen Signalen stehen in der heutigen Technik für die verschiedenen nutzbaren Frequenzbereiche unterschiedliche Leitungstypen zur Verfügung. In der Gleichstrom- und Niederfrequenztechnik werden vor allem Leitungen und Kabel mit ungeschirmten Kupferdrähten verwendet. Für die in der Nachrichten- und Hochfrequenztechnik genutzten Frequenzbereiche sind solche Kabel wegen der verstärkt auftretenden Hochfrequenzeffekte (Skineneffekt, Störaussendung, hohe Dämpfung, Reflexionen usw.) jedoch nicht mehr als Übertragungsstrecken geeignet. Statt dessen kommen neben modernen Lichtwellenleitern (z.B. Glasfaserleitungen) vor allem abgeschirmte Kabel bzw. Hohlleiter (symmetrische Kabel und Koaxialkabel) zum Einsatz, bei denen ein Leitungsdraht - im folgenden als Innenleiter bezeichnet - über eine Isolationsschicht oder ein Dielektrikum von einer z.B. als Drahtgeflecht ausgebildeten Hülle aus leitfähigem Material umgeben ist. Ein in ein solches Kabel eingespeistes Signal breitet sich als elektromagnetische Welle im Zwischenraum von Innenleiter und Abschirmung aus, wobei die störenden Auswirkungen der genannten Hochfrequenzeffekte, insbesondere die Abstrahlung von Energie in den das Kabel umgebenden Raum, weitgehend vermieden werden.

In der Praxis werden derartige abgeschirmte Kabel z.B. im Rahmen einer informationstechnischen Gebäudeverkabelung eingesetzt. Nach der Installation der Kabel sind meist Messungen des Betriebsverhaltens dieser Übertragungsstrecken entsprechend einschlägiger Normen (z.B. EN 50173), insbesondere in Bezug auf elektromagnetische Verträglichkeit (EMV), gefordert.

Außerhalb eines idealen koaxialen Schirms (oder bei mehradrigen Kabeln eines konzentrischen Schirms) treten keine elektromagnetischen Felder auf; eine reale Abschirmung weist jedoch ohmsche und induktive Widerstände auf, die zusammengefaßt als ihr Kopplungswiderstand bezeichnet werden. Die Qualität einer Abschirmung wird dabei in der Regel anhand ihres Kopplungswiderstandes bestimmt. Je niedriger der Kopplungswiderstand einer Abschirmung ausfällt, desto besser ist die damit erreichte Schirmwirkung. Die einzelnen Komponenten, wie Kabel und Steckverbindungen, einer Verkabelungsstrecke werden meist unter Anwendung definierter Meßmethoden gefertigt. Bei der Installation einer Verkabelungsstrecke können jedoch Fehler auftreten, indem z.B. Kabelschirme nicht sorgfältig mit Steckverbindungen verbunden oder Teile einer Abschirmung verletzt werden.

Die heute in der Praxis angewandten Methoden zur Überprüfung der Schirmqualität einer installierten und daher meist nur schlecht zugänglichen Verkabelungs-

strecke beschränken sich in der Regel auf die Messung des Gleichstromwiderstandes der Abschirmung, wobei frequenzabhängige Effekte, wie z.B. die Verringerung der Schirmwirkung durch induktiv wirkende Schirmschlüsse („Pig Tails“), nicht erfaßt werden können. Daneben kommen auch sog. „Schnüffelsonden“ zum Einsatz, mit denen nach aus der Abschirmung austretender Strahlung gesucht werden kann. Eine zuverlässige und quantitative Bestimmung der Schirmqualität ist damit jedoch nicht möglich.

Die Aufgabe der Erfindung besteht daher darin, eine leicht realisierbare Methode anzugeben, mit der die Schirmqualität einer abgeschirmten, insbesondere fest installierten Verkabelungsstrecke zuverlässig und quantitativ bestimmt werden kann.

Gelöst wird diese Aufgabe durch ein Verfahren, das die im Patentanspruch 1 angegebenen Merkmale aufweist.

Die Verkabelungsstrecke mit einem oder mehreren Innenleitern und einer Abschirmung wird dazu an einem ersten Ende mit wenigstens einem Innenleiter über ein Rangierkabel an einen ein elektrisches Signal aussendenden Sender angeschlossen, wobei ein Pol des Senderausgangs auf Massepotential gelegt und der andere Pol mit dem Rangierkabel leitend verbunden wird (im folgenden werden die angeschlossenen Innenleiter gemeinsam als „der Innenleiter“ bezeichnet). Am zweiten Ende der Verkabelungsstrecke wird die Abschirmung auf Masse- oder Erdpotential gelegt und mit dem Innenleiter über einen Abschlußwiderstand leitend verbunden. Zur Bestimmung der Schirmwirkung wird die Abschirmung der Verkabelungsstrecke mit dem auf Masse- bzw. Erdpotential gelegten Pol des Senderausgangs durch eine am ersten Ende der Verkabelungsstrecke angeschlossene Rückleitung mit vorgegebener Impedanz verbunden, und mit Hilfe einer Meßvorrichtung wird die Differenzstromstärke, d.h. die Differenz der Beträge der Stromstärken, der durch das Rangierkabel und die Rückleitung fließenden Ströme in einen Meßwert umgesetzt. Aus dem vom Kopplungswiderstand der Abschirmung abhängigen Meßwert wird dann, z.B. durch Vergleich des Meßwerts mit einem theoretisch gewonnenen Bezugswert für eine entsprechende Verkabelungsstrecke mit unterbrochener Abschirmung, ein Wert für die Schirmwirkung der Verkabelungsstrecke bestimmt. Die bekannte Impedanz der Rückleitung weist dabei unter den gegebenen Meßbedingungen (d.h. bei dem in der Messung verwendeten Frequenzbereich) gegenüber dem Kopplungswiderstand der Abschirmung der Verkabelungsstrecke entweder einen ausreichend niedrigen Wert auf, um eine Verfälschung der Meßergebnisse zu vermeiden, oder sie wird bei der Bestimmung der Schirmwirkung aus dem Meßwert entsprechend berücksichtigt.

Das erfindungsgemäße Verfahren ermöglicht eine einfache, zuverlässige, schnelle und quantitative Messung der Schirmwirkung bei einer abgeschirmten Verkabelungsstrecke. Es kann zudem auch dann ohne Einschränkung angewendet werden, wenn z.B. bei

einer fest installierten Gebäudeverkabelung nur die beiden Enden der Verkabelungsstrecke frei zugänglich sind. Die vorgeschlagene Meßmethode erfordert dabei nur eine handelsübliche Meßausstattung und ist sowohl für Abnahmemessungen als auch bei der Fehlersuche geeignet.

Vorteilhafte Aus- und Weiterbildungen des erfindungsgemäßen Verfahrens sind Gegenstand der Unteransprüche.

Nach einer ersten Ausgestaltung - Anspruch 2 - des erfindungsgemäßen Verfahrens ist zusätzlich zum ersten Meßvorgang ein zweiter Meßvorgang vorgesehen, bei dem die Verbindung der Abschirmung der Verkabelungsstrecke mit dem auf Massepotential gelegten Pol des Senderausgangs durch eine Rückleitung entfällt, und mit Hilfe der Meßvorrichtung die Stromstärke im Rangierkabel in einen zweiten Meßwert umgesetzt wird. Durch die Verknüpfung der Meßwerte für die beiden Meßvorgänge wird dann ein Wert für die Schirmwirkung der Verkabelungsstrecke bestimmt. Der zweite Meßwert kann dabei z.B. als Bezugsgröße dienen, zu der der Meßwert aus dem ersten Meßvorgang ins Verhältnis gesetzt wird. Dieses Verhältnis stellt dann ein Maß für die Schirmwirkung der Verkabelungsstrecke dar.

Für den ersten Meßvorgang wird nach einer zweiten Ausgestaltung - Anspruch 3 - des erfindungsgemäßen Verfahrens ein Rangierkabel verwendet, das eine Abschirmung aufweist, die als Rückleitung dient. Damit erübrigt sich ein separates Kabel für die Rückleitung.

Bei einer dritten Ausgestaltung der Erfindung - Anspruch 4 - werden mit Hilfe eines Senders variabler Frequenz bei unterschiedlichen Signalfrequenzen empirische Werte für die Schirmwirkung der abgeschirmten Verkabelungsstrecke ermittelt, um ihre Frequenzabhängigkeit zu bestimmen. Damit lassen sich beispielsweise Fehlerquellen finden, die nur in der Umgebung bestimmter Frequenzen, z.B. in Form von Resonanzen, auftreten.

Insbesondere, wenn an den Enden der Verkabelungsstrecke, wie z.B. bei Gebäudeverkabelungen meist der Fall, Steckdosen angeschlossen sind, ist es gemäß einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung - Anspruch 5 - zweckmäßig, daß der Abschlußwiderstand als dazu passender Stecker ausgebildet ist.

Ein vorteilhafter Meßaufbau ergibt sich, wenn nach einer weiteren Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens - Anspruch 6 - die Messung der Differenz der Stromstärken in dem Rangierkabel bzw. der Rückleitung induktiv erfolgt. Dabei erübrigt sich ein Einbringen von Meßgeräten in den Meßkreis. Eine induktive Messung ist dabei vor allem bei der Verwendung von hochfrequenten Prüfsignalen zweckmäßig.

Besonders zweckmäßig ist dabei die Verwendung einer Stromwandlerzange - Anspruch 7 - für die induktive Messung der Stromstärken. Beim ersten Meßvorgang wird die Stromwandlerzange dabei günstigerweise so um das Rangierkabel und die Rückleitung gelegt, daß die beiden zugehörigen Ströme in zueinan-

der entgegengesetzter Richtung durch die Stromwandlerzange fließen, wodurch automatisch die gewünschte Differenzstromstärke in einen Meßwert umgesetzt wird.

Nachstehend wird die Erfindung anhand eines vorteilhaften Ausführungsbeispiels unter Bezugnahme auf die Zeichnungen näher erläutert.

Es zeigt

FIG 1 einen vorteilhaften Meßaufbau für den ersten Meßvorgang;

FIG 2 den entsprechenden Meßaufbau für den zweiten Meßvorgang.

In den Figuren ist ein Meßaufbau zur Bestimmung der Schirmwirkung einer abgeschirmten Verkabelungsstrecke KS mit einem Innenleiter L und einer Abschirmung AS dargestellt.

Die Verkabelungsstrecke KS wird dazu an einem ersten Ende  $E_1$  mit ihrem Innenleiter L über ein Rangierkabel RK an einen ein elektrisches Hochfrequenz-Prüfsignal aussendenden Sender S angeschlossen, wobei ein Pol  $P_2$  des Senderausgangs auf Masse- oder Erdpotential gelegt und der andere Pol  $P_1$  mit dem Rangierkabel RK leitend verbunden wird. Am zweiten Ende  $E_2$  der Verkabelungsstrecke KS, das an eine Steckdose angeschlossen ist, wird die Abschirmung AS auf Massepotential gelegt und mit dem Innenleiter L über einen Abschlußwiderstand RA, der als zur Steckdose passender Stecker ausgebildet ist, leitend verbunden. Der die Qualität der Abschirmung AS bestimmende Kopplungswiderstand ZK setzt sich aus ohmschen, kapazitiven und induktiven Komponenten zusammen.

Zur Bestimmung der Schirmwirkung wird ein Meßaufbau nach FIG 1 verwendet. Als Rangierkabel RK wird dabei eine abgeschirmte Leitung verwendet, deren Schirm als Rückleitung RL dient, mit der die Abschirmung AS der Verkabelungsstrecke KS von deren erstem Ende  $E_1$  aus mit dem auf Massepotential gelegten Pol  $P_2$  des Senderausgangs verbunden wird. Das vom Sender S ausgesandte Prüfsignal läuft über den Innenleiter des abgeschirmten Rangierkabels RK und weiter über den Innenleiter L der Verkabelungsstrecke KS. Über den Abschlußwiderstand RA gelangt das Signal am zweiten Ende der Verkabelungsstrecke KS zum Punkt K, an dem die Abschirmung AS an Masse- oder Erdpotential gelegt ist.

Die Impedanz ZM dieser Masseverbindung stellt einen ersten Zweig und der Kopplungswiderstand ZK der Abschirmung AS zusammen mit dem Widerstand der Rückleitung RL einen zweiten Zweig eines Spannungsteilers dar, über den das Prüfsignal vom Punkt K aus weiterläuft. Die Masseverbindung weist dabei einen Impedanzwert ZM auf, der in der Regel den Wert der im wesentlichen durch den Kopplungswiderstand ZK der Verkabelungsstrecke KS bestimmten Impedanz des anderen, zum zweiten Pol  $P_2$  des Senderausgangs zurückführenden Zweiges deutlich übersteigt (z.B. einige  $100\Omega$  für die Masseverbindung gegenüber eini-

gen  $m\Omega$  für den Kopplungswiderstand). Ist der Kopplungswiderstand ZK gegenüber der Impedanz ZM der Masseverbindung vernachlässigbar klein, so fließt der Signalstrom vom Punkt K aus fast vollständig über die Abschirmung AS und die Rückleitung RL und der Reststrom über Masse bzw. Erde zum Sender S zurück. Falls sich jedoch, z.B. durch eine Verletzung der Abschirmung AS, ein erhöhter Kopplungswiderstand ZK ergibt, fließt ein entsprechend höherer Teil des Signalstroms über die Masseleitung ab.

Mit Hilfe einer um das abgeschirmte Rangierkabel gelegten Stromwandlerzange als Meßvorrichtung MV wird die Differenzstromstärke, d.h. die Differenz der Beträge der Stromstärken, der durch das Rangierkabel und die Rückleitung fließenden Ströme in einen Meßwert umgesetzt. Aus diesem vom Kopplungswiderstand ZK der Abschirmung AS abhängigen Meßwert kann dann ein empirischer Wert für die Schirmwirkung der Verkabelungsstrecke KS bestimmt werden.

Zusätzlich zum ersten Meßvorgang kann ein zweiter Meßvorgang mit einem Meßaufbau nach FIG 2 vorgesehen sein. Dabei entfällt die Verbindung der Abschirmung AS der Verkabelungsstrecke KS mit dem auf Massepotential gelegten Pol  $P_2$  des Senderausgangs durch eine Rückleitung RL. Als Rangierkabel RK wird entsprechend eine Leitung ohne Abschirmung verwendet. Durch den Wegfall der Rückleitung RL bedingt, fließt der gesamte Signalstrom vom Punkt K aus über die Masseverbindung ab. Dies entspricht dem praktischen Fall einer Schirmunterbrechung. Mit Hilfe der um das Rangierkabel RK gelegten Stromwandlerzange wird die Stromstärke im Rangierkabel RK in einen zweiten Meßwert umgesetzt. Durch die Verknüpfung der Meßwerte für die beiden mit derselben Signalfrequenz durchgeführten Meßvorgänge wird dann ein Wert für die Schirmwirkung der Verkabelungsstrecke bestimmt. Der zweite Meßwert kann dabei z.B. als Bezugsgröße dienen, zu der der Meßwert aus dem ersten Meßvorgang ins Verhältnis gesetzt wird, wobei dieses Verhältnis ein Maß für die zu ermittelnde Schirmwirkung der Verkabelungsstrecke darstellt.

### Patentsprüche

1. Verfahren zur Bestimmung der Schirmwirkung einer abgeschirmten, insbesondere fest installierten Verkabelungsstrecke (KS) mit Innenleiter (L) und Abschirmung (AS), wobei die Verkabelungsstrecke (KS) an einem ersten Ende ( $E_1$ ) mit ihrem Innenleiter (L) über ein Rangierkabel (RK) an einen elektrischen Signal aussendenden Sender (S) angeschlossen wird, indem ein Pol ( $P_1$ ) eines Senderausgangs auf Masse- oder Erdpotential gelegt und der andere Pol ( $P_2$ ) mit dem Rangierkabel (RK) leitend verbunden wird, und am zweiten Ende ( $E_2$ ) der Verkabelungsstrecke (KS) die Abschirmung (AS) auf Masse- bzw. Erdpotential gelegt und mit dem Innenleiter (L) über einen Abschlußwiderstand (RA) leitend verbunden wird, und für die Bestimmung der Schirmwirkung ein Meßvorgang vorgesehen ist,

umung der Schirmwirkung ein Meßvorgang vorgesehen ist,

- wobei die Abschirmung (AS) der Verkabelungsstrecke (KS) mit dem auf Massepotential gelegten Pol ( $P_2$ ) des Senderausgangs durch eine am ersten Ende ( $E_1$ ) der Verkabelungsstrecke (KS) angeschlossene Rückleitung (RL) mit vorgegebener Impedanz verbunden wird; und
- mit Hilfe einer Meßvorrichtung (MV) die Differenzstromstärke der durch das Rangierkabel (RK) und die Rückleitung (RL) fließenden Ströme in einen Meßwert umgesetzt wird; sowie daß
- mit Hilfe des Meßwertes ein Wert für die Schirmwirkung der Verkabelungsstrecke (KS) bestimmt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß ein zweiter Meßvorgang vorgesehen ist, bei dem
  - die Verbindung der Abschirmung (AS) der Verkabelungsstrecke (KS) mit dem auf Massepotential gelegten Pol ( $P_2$ ) des Senderausgangs durch eine Rückleitung (RL) entfällt; und
  - mit Hilfe der Meßvorrichtung (MV) die Stromstärke im Rangierkabel (RK) in einen zweiten Meßwert umgesetzt wird; und
  - durch Verknüpfung der Meßwerte für die beiden Meßvorgänge ein Wert für die Schirmwirkung der Verkabelungsstrecke (KS) bestimmt wird.
3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß für den ersten Meßvorgang das Rangierkabel (RK) eine Abschirmung aufweist, die als Rückleitung (RL) dient.
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß mit Hilfe eines Senders (S) variabler Frequenz Werte für die Schirmwirkung bei unterschiedlichen Signalfrequenzen ermittelt werden.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Abschlußwiderstand als Stecker ausgebildet ist.
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**,

daß die Messung der Stromstärken in dem Rangierkabel (RK) bzw. der Rückleitung (RL) mit Hilfe der Meßvorrichtung (MV) induktiv erfolgt.

7. Verfahren nach Anspruch 6,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
daß als Meßvorrichtung (MV) eine Stromwandler-  
zange verwendet wird.

5

10

15

20

25

30

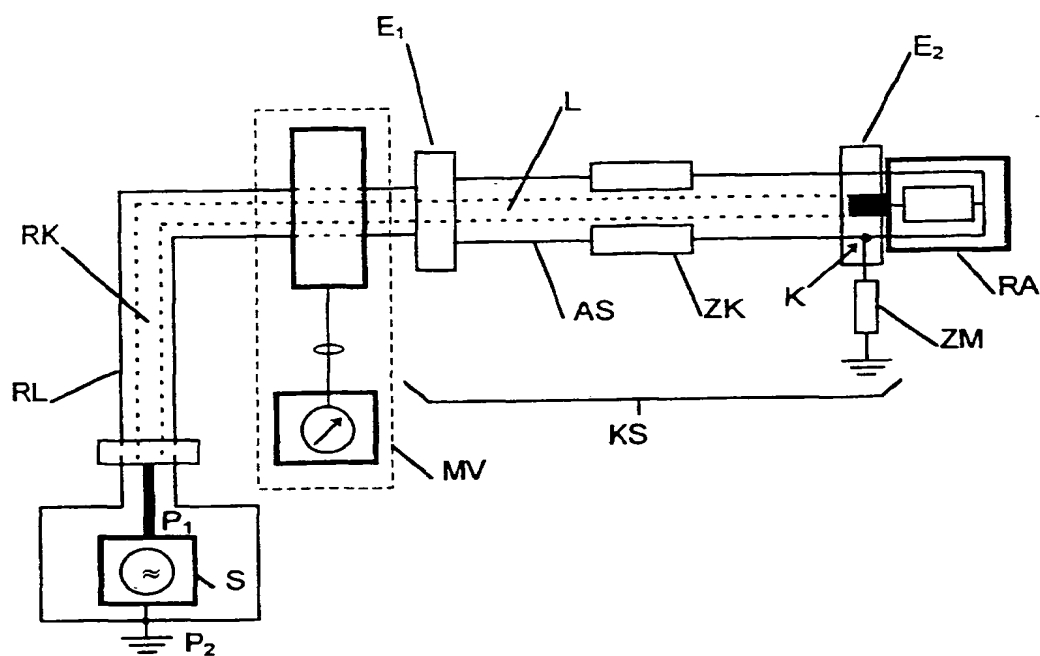
35

40

45

50

55



**FIG 1**

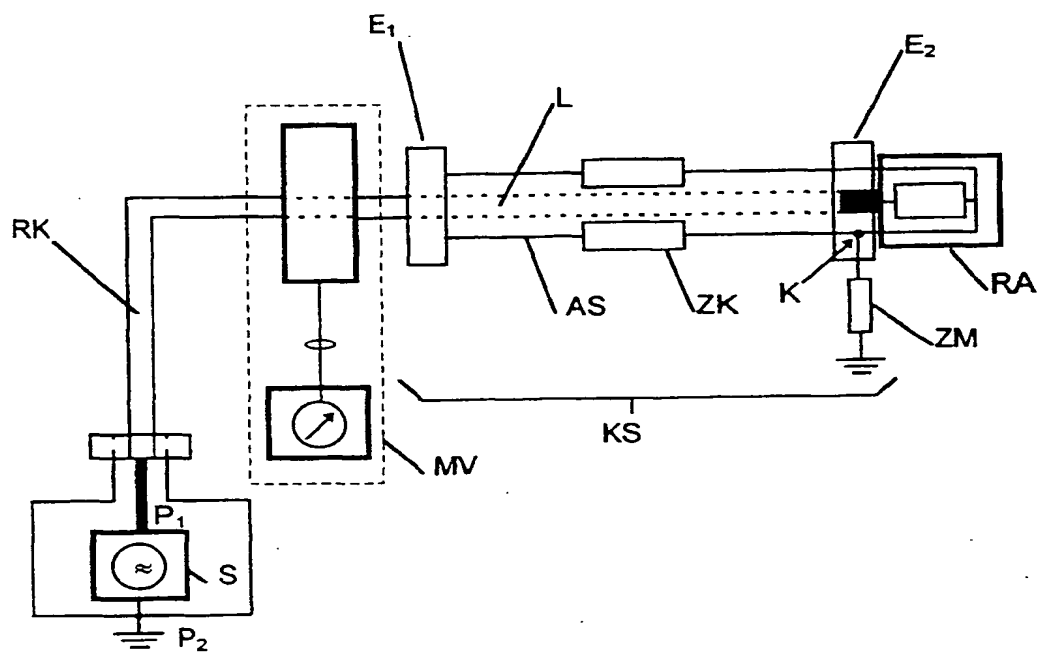


FIG 2



Europäisches  
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung  
EP 97 10 7805

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.6)
X	ELEKTRONIK, Bd. 45, Nr. 4, 20. Februar 1996, Seiten 96-99, XP000556043 MUND B: "KABEL AUF DEM EMV-PRUFSTAND" * Seite 98, Absatz 3; Abbildung 3 *	2,4-7	G01R31/02
X	IBM TECHNICAL DISCLOSURE BULLETIN, Bd. 39, Nr. 5, 1. Mai 1996, Seiten 67-69, XP000584060 "CABLE SHIELDING EFFECTIVENESS SET UP" * das ganze Dokument *	1,3-7	
A	WO 94 29737 A (BOEING CO) 22. Dezember 1994 * Seite 3, Zeile 15 - Zeile 35 *	1	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort BERLIN		Abschlußdatum der Recherche 12. September 1997	Prüfer Hijazi, A
<p><b>KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE</b></p> <p>X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet  Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie  A : technologischer Hintergrund  O : nichtschriftliche Offenbarung  P : Zwischenliteratur</p> <p>T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze  E : älteres Patentedokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist  D : in der Anmeldung angeführtes Dokument  L : aus andern Gründen angeführtes Dokument</p> <p>&amp; : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument</p>			

EPO FORM 1503 (03.92) (P4/C03)

